怀念黑夜

光污染的健康效应

Mark A. Johnson/Alamy

眩光、过度照明和人工白昼现象（可使得城市的夜空呈现出橘色、黄色或粉红色）是光污染的三种形式。拍摄地点为安大略省多伦多市东北郊的一个名为Goodwood的小镇，摄于该地区自2003年8月14日实施灯火管制以来的某个夜晚。在灯火管制的那幅照片中，室内都是点的蜡烛，或者打的手电筒。

1879年，当托马斯·爱迪生的第一盏白炽灯点亮在纽约街头时，现代电灯时代开始了。从此，这个世界开始淹没在电灯中。大功率电灯照亮了街道、庭院、停车场和广告牌。在距离数十英里的地方，都可以看见体育场的灯光。办公楼里彻夜灯火通明。位于亚利桑那州图森市的国际黑暗夜空协会（International Dark-Sky Association，IDA）的一份报告显示，从200 英里高的飞机上就能看到洛杉矶的灯火。天文爱好者可以在世界上绝大多数的大都市的天文馆里观察天体。实际上，在1994年洛杉矶发生大地震时，许多焦躁不安的市民向当地急救中心报告，说他们在黑空中看到了一个奇怪的、巨大的银色云团。其实他们所看到的（对他们来讲是第一次）正是银河，只不过它长期以来被城市的灯火湮没了。

并不是电灯有什么不好。人工照明对整个社会来讲作用巨大，比如它可以延长人们的工作时间，同时，人们还可以进行更多的娱乐活动。但是，当户外人工照明变成一种低效的、干扰民众的或者说多余的东西时，人们就可以称之为光污染了。许多环保人士、自然爱好者和医学科研人员认为光污染是一种快速增长和普遍存在的环境污染形式。越来越多的研究发现，光污染能对人类和野生动物产生持久的不良健康影响。

那么，光在什么时候才能引起健康损害呢？位于康涅狄格州Farmington市的康涅狄格大学医学中心的肿瘤流行病学家Richard Stevens指出，可见光子只有在撞击视网膜后，才能产生生理效应。他说：“在诸如曼哈顿或者拉斯维加斯这样的地方，入夜后到处都闪耀着灯光，大大增加了视网膜暴露于光子的机会，从而就有可能扰乱生理节律。因此，我认为暴露于那些光子的不只有’夜猫子’。当晚间窗外有灯光透进来时，大家几乎都无法安然入睡，除非我们都戴上眼罩。然而，我们并不十分清楚光子量要达到多少才能产生生理效应，这正是目前的一个研究重点。”

在2001年《皇家天文学会月刊》（*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*）的第328卷第三期上刊出了一份有关全球光污染形势的报告——“第一本全球人工夜空亮度地图集”。根据这份图谱，三分之二的美国人和一半以上的欧洲人已经无法用肉眼观测到银河了。更有甚者，63%的世界人口和99%的欧盟和美国（阿拉斯加和夏威夷州除外）人口居住区的夜空亮度超过了国际天文学联合会设定的光污染阈值状态——在45° 仰角上，人工光照亮度大于自然光照亮度的10%。

光污染可以表现为许多形式，包括：人工白昼、光入侵、眩光和过度照明。人工白昼是一种出现在城市夜空的明亮光晕，由光被大气中的水滴或水颗粒散射而来。光入侵是指不受欢迎的人工照明，比如泛光灯或街灯的灯光投射到附近的建筑物上（本应是黑暗的）。过度照明是指人工光源的使用大大超出了必要，例如在办公室空无一人后，仍然通宵开着灯。

分散人的注意力

人工照明的生态学效应已经得到充分证实。业已证明，光污染可以对动植物造成影响。譬如，根据2006年出版的《夜晚人工照明的生态学后果》（*Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*）一书中由Winslow Briggs撰写的有关植物反应的章节，暴露于人工光源的时间过长，就会妨碍许多树木的季节适应能力。反过来，这也对那些以树木为栖所的野生动物产生影响。对昆虫、乌龟、鸟类、爬行动物等其他野生物钟的研究显示，不仅仅在市中心，农村地区的光污染同样可以改变它们的生活习性、觅食地以及生育周期。

海滩上的灯火可以扰乱海龟的生活习性，这便是一个十分明显的例子。多种海龟在海滩产卵，雌海龟在数十年后才返回其出生地筑巢。要是海滩上灯火通明，雌海龟也许就不敢在那里筑巢了。同时，它们在光照下也可能会迷失方向，而一旦走上了附近的马路，它们便有了被车压死的风险。

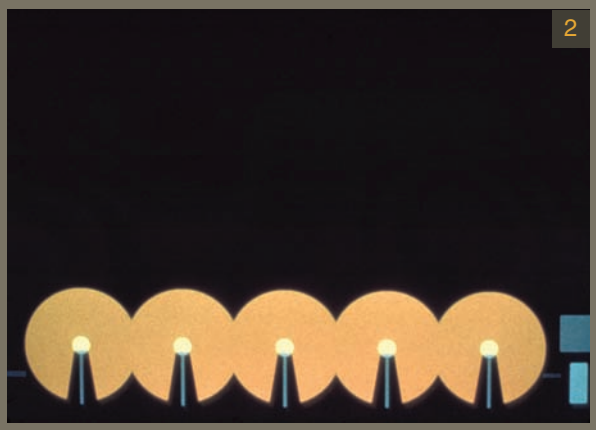
佛罗里达大西洋大学的Michael Salmon及其同事们发表在1992年122卷（1-2）《行为》（*Behaviour*）的一项研究发现，幼海龟一般情况下会逆着被抬高了的、黑黑的海岸线侧影游向大海。当有人造光照在海滩上时，这些刚孵出的幼海龟就会迷路，爬向人工光源，不再游向大海了。

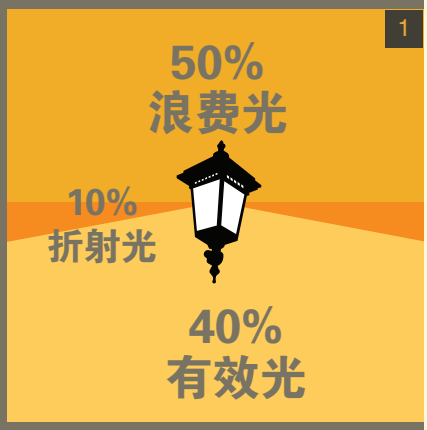
佛罗里达野生动物保护委员会濒危物种管理分会的Jean Higgins是一位环保专家。她说，幼海龟一旦迷了路，还会导致其脱水和体力耗竭。她进一步指出：“从这一点来看，当幼海龟游向大海时，就更容易摆脱被捕食的命运吗？这尚难以判断。”

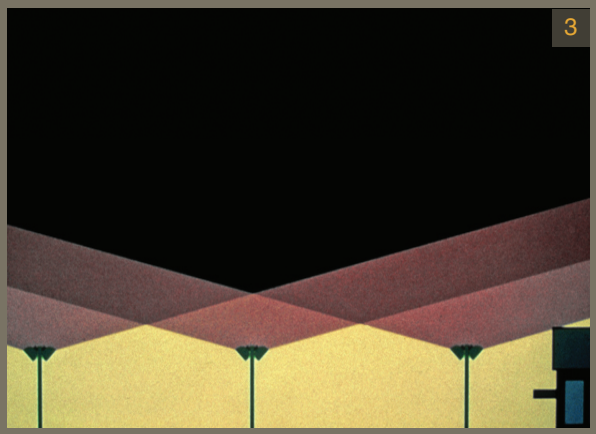
Todd Carlson

乌瞰洛杉矶，加利福尼亚州

室外光照如何转化为光污染







根据国家公园管理局的数据，一台典型无屏蔽的照明设备所发出的光中有一半的部分被浪费掉了，把该照明设备以上的空间范围都照亮了，而实际上这些地方并不需要光照（如图一所示）。只有大约40%的光往下照到了它所应该照到的地方。水平发射的光通常变成了眩光。

圆球灯罩的分光效果一般很差，很容易产生眩光（如图二所示）。泛光灯能集中光照到某一空间，但对于目标工作而言似乎光强度太大了，因而大部分的光都被浪费掉了（如图三所示）。

好的光照模式就是用屏蔽的方法，将所有的光引向所需要的地方。国际黑暗夜空协会建议所有的照明设备配以此类屏蔽的措施，这样光就无法从水平面以上逸散出去，而照向照明装置水平以下的部分了（如图四所示）。

IDA 还推荐在一切可能的地方尽可能地使用低压钠（low-pressure sodium，LPS）灯。LPS灯是当前能量利用率最高的灯。这种灯以对人眼最为敏感的波长发射黄色光，但是这种单色光会使得人们难以区分物体本身的颜色。若户外照明对光色要求较高（如提高安全性），IDA 推荐使用高压钠灯。

明亮的灯光也能干扰鸟类的行为。大约有200种候鸟在夜间飞越北美地区，它们的飞行路线通常会被灯火通明的建筑物、通讯塔及其它建筑打乱，在天气恶劣时更是如此。多伦多FLAP（Fatal Light Awareness Program，一个致力于在城市中保护候鸟的计划）的常务理事Michael Mesure 解释到："光对鸟类有吸引力，从而减弱了它们的方向感。这个情况很严峻，因为许多鸟类常常因此而发生碰撞，这在长远来看，无疑会减少它们的种群数量，甚至包括一些被官方认定为濒危物种的鸟类。"

纽约市奥杜邦鸟类协会（New York City Audubon Society）的执行主任Glenn Phillips说，单就纽约市而言，每年大约有一万只候鸟伤于或死于与摩天大楼和高大建筑物相撞。至于整个北美地区每年死于相撞的飞鸟，估计有多达9800万到近10亿只。美国鱼类与野生动物管理局估计每年大约有5百万到5千万只鸟死于和通讯塔相撞。

受光污染影响的不只是乌龟和鸟类。已经有研究发现，夜间的光照过多，可会妨碍到青蛙的交配鸣叫，以至于降低了它们的繁殖能力。人工照明也可以影响到蝙蝠的捕食行为。根据《夜晚人工照明的生态学后果》（*Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*）一文，研究者们把北美蛾类种群数量的减少归咎于光污染。几乎所有的小型啮齿类和肉食类动物，80%的有袋动物和20%的灵长类动物有夜间活动的习性。国家公园管理局下属的夜空项目部经理Chad Moore说："我们正在了解许多动物的夜间习性，现在光污染却毁了它们的这类习性。"

重新设定生物钟

George Brainard是费城托马斯·杰弗逊大学杰弗逊医学院的一位神经病学教授。他说："尽管有显著的流行病学证据表明夜间室内人工照明与诸如乳腺癌之类的健康问题存在着稳定的关联，然而和野生动物相比，光污染对人类的健康效应并没有那么明确。这种关联并不能证明是人工照明导致了健康问题。从另一方面讲，对照性实验室研究确实证明，夜间暴露于人造光源可以引起生物节律和神经内分泌方面的改变，因而加速了肿瘤的生长。"

24小时的昼夜周期（即生物钟）能影响几乎所有有机体的生理学进程。这些进程包括脑波模式、激素生成、细胞调控等生理活动。加州大学艾尔文（Irvine）分校药理学系主任Paolo Sassone-Corsi指出："生物钟紊乱与人类的一些疾病有关，包括抑郁、失眠、心血管疾病和癌症。研究发现，昼夜节律控制了10～15%的基因，因而，生物钟的紊乱可以导致大量的健康问题出

Figure 1: U.S. National Park Service, Matthew Ray/EHP; figures 2–4: International Dark-Sky Association

现。”

2006年9月14～15日，美国国立环境卫生研究院举办了一次研讨会，探讨如何进行最佳的研究以确定人工照明和人类健康的关系。2007年9月刊*EHP*上刊出了有关这次会议的报道，其中写到：“在现代社会里生活的一个基本特征就是电的使用可能使得建筑环境里光和黑暗的模式发生了变化”。该会议报告的作者提醒说，乳腺癌、前列腺癌、肥胖和早发性糖尿病患病风险的显著增加，已经折射出近二三十年来现代社会人工照明的量和模式发生了显著变化，这也许并不完全是一种巧合。他们还说：“这些推论背后有着坚实的科学基础，目前，研究正在迅速地推进。”

人工照明和睡眠障碍的关系相当直观。调整生物钟能带来一些问题，并最终导致睡眠障碍的大量出现，包括轮班工作睡眠障碍（可以影响倒班工作或者夜间工作的人群）和睡眠相位后移综合症,患上此病的人们通常入睡很晚，而当第二天有上班、上学或社会交往时却很难醒过来。

自从电灯发明以来，人工照明延长了白昼，在这些国家人们既往正常的睡眠模式已经不再正常了。弗吉尼亚理工学院的一位叫Roger Ekirch的历史学家于2005年写过一本书——《当白昼结束：过去时代的黑夜》（*At Day's Close: Night in Times Past*），书中描绘了在工业时代前人们是如何在两个4小时段中睡觉的——人在深夜有一段时间处于一种安静的觉醒状态，因而把人的睡眠时段分为第一睡眠和第二睡眠。

要是人类不再长期暴露于人工照明，会恢复到此前的两时相睡眠模式吗？国家精神卫生研究院的精神病学家 Thomas A. Wehr 已经就此进行了研究。在1992年6月刊的《睡眠研究杂志》（*Journal of Sleep Research*）上，他报道了对8名健康成年男子的研究结果。在该研究中，对他们的光照/黑暗暴露时间做了调整，即从习惯上的16小时光照时间和8小时黑暗时间调整到10小时光照时间（包括自然光和电光源）和14小时的黑暗时间，来模拟冬季里的白昼/黑夜自然暴露时间。受试者确实恢复了两相睡眠模式，也即两个四小时的睡眠时段，间隔一个1～3小时的觉醒时段。

不仅仅是睡眠障碍

生物钟的改变除能引起睡眠障碍外，尚能导致其他问题。在新生儿的监护病房里，持续的人工光源暴露有可能损害婴儿的生物节律发育，范德比尔特大学（Vanderbilt University）的一个研究小组对此展开了研究。研究结果发表在2006年8月份的《儿科学研究》上（*Pediatric Research*）。他们将刚出生的老鼠（类比13周大的胎儿）置于人工光源下数周。三周后（类比足月的新生儿）这些老鼠就不能维持一个连贯的昼夜节律了；四周后连一个正常的活动周期都不能建立起来了。因此，研究人员推论到，在生命的早期若接受过度的人工照明，将有可能导致人类抑郁症以及其他心理疾病的发病风险增高。文中，该研究的主要负责人Douglas McMahon写到：“本研究所得出的这些结论都是推测性的，但是我们的实验数据仍然表明一个正常的光照/黑夜周期能有助于婴儿的生长发育。”

自从1995年以来，在《流行病学》（*Epidemiology*）、《癌症病因与控制》（*Cancer Causes and Control*）、《国立癌症研究所杂志》（*the Journal of the National Cancer Institute*）和《航空与太空环境医学》（*Aviation Space Environmental Medicine*）此类的杂志上还发表了许多有关倒班工作的文章。研究发现，女工乳腺癌发病风险升高与与夜间职业性暴露于人工照明有关。位于纽约特洛伊的伦司乐多科理工学院的照明研究中心项目部主任Mariana Figueiro 提到，相比之下，固定的倒班工人更不易受夜间工作的影响，因为只要处在受控的光照/黑夜模式下，他们能通过调节生物节律来加以适应夜间工作。

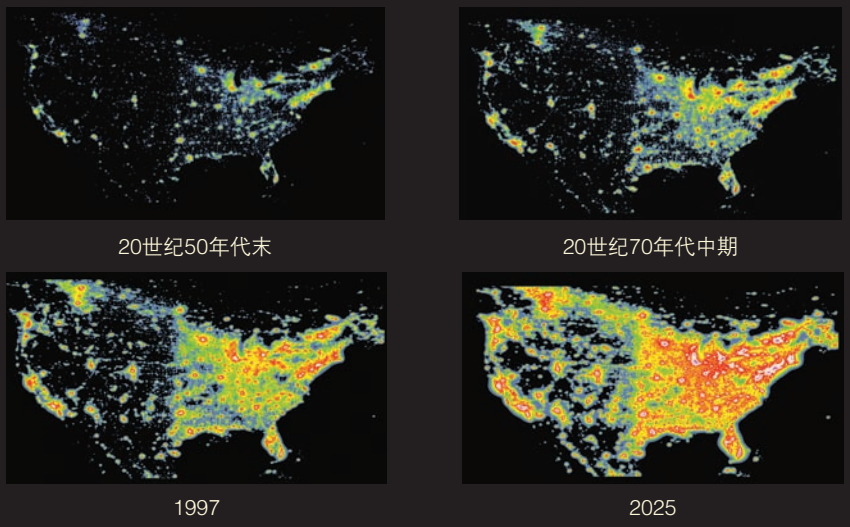
《国家癌症研究所杂志》在2001年10月17日刊出了一项由哈佛大学流行病学家Eva S. Schernhammer及来自波士顿伯明翰女子医院的合作者进行的研究。数据来源于1988年针对121701 名注册女护士的健康调查（Nurses’ Health Study，NHS）。研究发现，只有倒班工作长达30年以上的妇女（占研究人群的0.5%）乳腺癌的发病风险才会升高。

在对NHS 队列进行的另一项研究中，Schernhammer及其同事们也发现乳腺癌的发病风险升高与倒夜班工作有关。他们在2006年1月刊《流行病学》上对他们的研究结果进行了讨论，指出在所研究的人群中，倒班工作与乳腺癌之间仅存在弱关联。然而，他们的研究结果和此前的研究一起，可以减少把这种关联仅仅归因于偶

Lynda Richardson/Corbis

刚孵化的幼海龟本能地逆着夜间黑色的海岸线侧影游向大海。如图所示，在一盏明亮的灯下，幼海龟暂时地迷失了方向。海边的灯光常常让幼海龟和母海龟迷路，以致于它们爬上了附近的公路。

北美人工夜空亮度在增加



在标准洁净的大气层条件下，天顶和海平面的人工夜空亮度只相当于平均自然夜空亮度的一小部分。国防气象卫星计划根据大气层中光的传播和散射特征，测量来自地面向上投射的光，并最终了形成了这几幅地图。其中，2025年的那幅地图需要假定每年的人口增长率保持在6%左右。

来源：http://www.lightpollution.it/ © 2001 P. Cinzano, F. Falchi, C.D. Elvidge

然的可能性。

Schernhammer及其同事们还根据NHS队列，研究了人工照明、夜间工作和结肠、直肠癌的关联，研究结果刊登在《国立癌症研究所杂志》2003年6月4日的那期上。他们发现，一个月至少三次倒夜班的护士十五年后其结肠直肠癌的发病风险增加了35%。这是迄今为止第一个证明夜间工作和结肠直肠癌的有统计学显著性联系的证据，因而，尚不能武断地讲它们之间存在着某种病因关联。他解释道："对于更大样本的人群，尚缺乏支持光污染和结肠直肠癌存在关联的证据，但这并不代表光污染没有任何影响，而是本研究缺乏足够的证据来肯定这一影响。"

对倒班工作和癌症的关系所做的研究并没有得出确定性的结论，但是这足以使得国际癌症研究中心（International Agency for Research on Cancer，IARC）于2007年把倒班工作归为"可能的人类致癌原"一类。Brainard 说："IARC 并没有把倒夜班工作视为一种确定的致癌原。要确定这一致癌原尚需要做很多的工作，但是这足以引起我们的警示，这就是为什么尚需要进一步研究的原因所在。"

褪黑激素的作用

越来越多的研究者持有和Brainard 一样的观点，认为褪黑激素可能是倒班工作致乳腺癌的关键作用点。褪黑激素是一种由松果体分泌的激素，它在夜间分泌，具有协助调节生物钟的作用。褪黑激素激发了大量的生理活动，可能包括夜间雌激素分泌减少。褪黑激素在夜间分泌，一旦出现人工的或自然的光照，体内的褪黑激素水平就会急剧下降。大量的研究表明，体内褪黑激素分泌水平的降低增加了癌症的发病风险（褪黑激素详见*EHP* 2008年刊登的"Benefits of Sunlight: A Bright Spot for Human Health"一文（参见 *EHP* 116: A160–A167 (2008)或中文版 2008年9月刊30～38页"阳光：人类健康的亮点"）。

2005年12月1日出版的《癌症研究》（*Cancer Research*）杂志上刊登了一个突破性的研究，意指褪黑激素缺乏是倒夜班的女工乳腺癌发病风险增加的合理解释。该研究中的女性自愿者，在下列时候分别各采一次血：白天的任一时候、夜间经历2小时的完全黑暗后和夜间暴露于90分钟的人工照明后。把采来的血注入到已植入到老鼠体内的人类乳腺癌肿瘤里。夜间暴露于人工照明后，血液中的褪黑激素会减少，注有这类血液的肿瘤生长速度堪比注有白天血液的肿瘤。暴露于黑暗后的血液能使肿瘤生长速度减缓。

该文的第一作者David Blask是纽约库伯斯顿市巴塞特健康服务研究院（Bassett Healthcare Research Institute）的一位科学家。他说："现在我们知道光照抑制了褪黑激素的分泌，但是我们尚不能断言这是唯一的危险因素。然而，光照毕竟是一个可能对此前无法解释的现象做出合理解释的危险因素，因此，我们需要认真加以考虑。"

国家癌症研究院估计每八位妇女中就有一位会在其人生中的某个时候会被诊断患上乳腺癌。Brainard 说："仅仅有大约一半的乳腺癌病例可归因于已知的危险因素，同时，乳腺癌的发病率一直在上

国际癌症研究机构已将倒班工作作为一个致癌可能因素。一个2008年12月的睡眠研究发现，轻度暴露疗法，太阳眼镜，和严格的睡眠时间表或许有助于夜班工人更好的平衡昼夜节奏。

Akira Suemori/AP Photo

升——根据乳腺癌基金会的数据，在1973年到1998年间上升了40%。我们需要尽快知道到底发生了什么。”

把光污染和人类健康联系起来

室内夜间的人工照明影响人体健康的证据已经很多了，但是这能说明光污染什么呢？这方面的工作才刚刚开始，但是以色列的两项研究已经有了一些令人兴奋的发现。作为一个研究小组的成员，Stevens 运用卫星拍照技术估算了以色列147个社区夜间的人工照明水平，然后把一幅详细标列了乳腺癌病例分布的地图和这些卫星地图重叠起来。结果表明，甚至在控制了人群密度、收入水平和大气污染后，夜间户外人工照明与乳腺癌仍然存在着统计学上的显著相关。午夜户外的人工光照强度若是达到了能看清一本书的程度，那么在该地区居住的妇女乳腺癌发病风险将比那些居住在光照强度最低的地区的妇女高73%。然而，肺癌的发病风险却没有受到影响。以上研究结果发表在《国际生物钟学》（*Chronobiology International*）2008年1月刊上。

Stevens 说：“一个可能的结果是夜间人工照明会增加健康风险，但并不完全是通过褪黑激素这一机制来实现的，因此我们就有必要在啮齿动物模型和人身上做更多的有关生物钟基因的研究——截止到目前，已识别出9个基因。”生物钟基因所负载的遗传信息能调控昼夜节律相关蛋白的合成。我们的工作不应该局限于光污染/癌症的研究，还应关注可能受光照/黑暗影响的其他类疾病。

Travis Longcore 是《夜晚人工照明的生态学后果》一书的参编者，同时也是南加州大学可持续发展城市研究中心的副教授。他提出，户外光污染引起人类相关的健康效应可能通过两种方式。他说道：“从健康方面来看，似乎我们所关心的是什么导致了夜间室内的人工照明增加。户外光污染对室内光照的影响可以是直接的也可以是间接的。在直接影响的情况下，夜间室外的光照投射到室内的人身上，干扰激素的分泌。在间接影响的情况下，户外的灯光可以扰乱室内人们的心神，他们为了获得更多的光照而开灯。”

Blask 说：“公众有必要了解哪些因素可以导致光污染，但是相关的研究并未得到顺利进行。”德州农工大学生物钟研究中心的杰出教授Susan Golden 的看法与此相似。她说：“目前光污染还不是待研究的重大环境问题之一，这就是为何在进行相关研究时很难申请到资金的原因。”

Stevens 在谈及健康和能源衍生品时讲到：“夜间非必要照明的政策意义是巨大的（有关光污染对能耗的影响，详见*EHP* 117:A28–A31 (2009) ‘Switch On the Night: Policies for Smarter Lighting’一文或本期中文版第24页《合理使用照明》）。光污染是一个普遍存在的环境问题，其重要性绝不亚于全球变暖。现代社会里，为了缩短黑夜的时间，几乎每个人都会在夜幕降临后或日出之前使用电灯来获得光明。在这个基础上，夜间我们全都暴露于电灯光之下，然而在发明电灯之前以及在尚未通电的发展中国家里，无论睡着没有，人们都会有一个长达12小时的黑夜。”

现有文献认为，2006年9月在NIEHS 举行的那次会议就是一个把光污染问题提上日程的良好开端。作为NIEHS 的一个项目负责人，Leslie Reinlib 协助组织了这次会议。他说：“十年前科学家们就意识到这个问题了，但是并没有展开相关的研究。现在我们对光污染的研究仅仅是开始，但是我们已经有了某些科学的、而且是可以测量的成果。”

与会的23位专家拟定了一份供进一步研究的日程表，包括生物钟的作用机制，有关人工照明和健康关系的流行病学研究，褪黑激素在人工照明相关疾病中扮演的角色，以及研究应采取那些干预或治疗措施以减轻光污染对健康的影响。Brainard 说：“这次会议意义重大。它以一种广泛的多学科观点来探讨目前的光环境问题，以期推进光污染的科学研究，这在国家卫生研究院来讲，尚属首次。”

–Ron Chepesiuk

译自 *EHP* 117:A20–A27 (2009)